

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. Kümülatif Frekans Eğrisi.....	13
Grafik 2. Kuvvet Modeline Göre Hızdaki Yüzdelik Değişim Ve Kazalardaki Yüzdelik Değişim Arasındaki İlişki.....	20
Grafik 3. Bölünmüş Devlet Yollarında 2009 ve 2012 Yılları Otomobil Trafiği Hız Aralık Bilgileri.....	43
Grafik 4. Bölünmüş Devlet Yollarında 2009 ve 2012 Yılları Otobüs Trafiği Hız Aralık Bilgileri.....	44
Grafik 5. Bölünmüş Devlet Yollarında 2009 ve 2012 Yılları Kamyon Trafiği Hız Aralık Bilgileri.....	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çarpışma Hızına Göre Trafik Kazalarındaki Ölüm Riski.....	18
Şekil 2. Kavramsal Olarak İdeal Hız İlişkileri.....	23
Şekil 3. Tasarım Sürecinde Öngörülen Tipik Hız İlişkileri.....	23
Şekil 4. Orta ve Düşük Tasarım Hızlarında Bazen Gelişen Hız İlişkileri.....	23
Şekil 5. Gerçekleşen İşletme Hızlarına Göre Artırılan Hız Sınırları Sonucunda Oluşan Hız İlişkileri.....	24

1. GİRİŞ

Hız, seyahat edenlerin alternatif güzergah veya taşıma türünü seçerken dikkate aldıkları en önemli faktördür. Yeni bir karayolu, yol kullanıcıları tarafından zaman, uygunluk ve tasarruf edilen para açısından değerlendirilir.

Trafik hızları hemen hemen herkesin ilgi alanında olan bir husustur. Bir sürücü, yolcu veya yaya olarak tercih ettiğimiz hızlar birbirinden oldukça farklıdır. Taşıt hızları, sürücülerin yeteneğinin ve araçlarının özelliklerinin yanında karayolunun fiziksel özelliklerine, yol kenarından yapılan müdahale oranlarına, hava durumuna, diğer taşıtların varlığına ve hız limitlerine bağlıdır.

Hız ayrıca emisyon düzeyini, trafik gürültü seviyesini, yakıt tüketimini, yol çevresinde yaşayan ve çalışan insanların yaşam kalitelerini etkiler. Ancak trafik hızı denilince genelde iki husus dikkate alınır: Hareketlilik ve trafik güvenliği.

Yüksek hız, seyahat süresinin azalmasına neden olur ve bu ekonomik yönden ve hareketlilik açısından pozitif etki yapar. Seyahat süresinin belirgin bir şekilde azalması ulusal ve bölgesel ekonominin gelişmesine katkıda bulunur. Mal ve hizmetin çabuk ve kolay ulaştırılması eğitimden, ticarete, turizme kadar birçok faaliyetin gelişmesine ve istihdamın artmasına neden olur. Ancak yüksek hız trafik güvenliği açısından da risk oluşturabilir. Karayolu güvenliği uzmanlarının çoğu karayolu ölümlerinde en önemli etmenin aşırı hız (hız sınırının üzerinde araç kullanma) veya uygun olmayan hız (yasal hız sınırına uygun ancak yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara göre hızlı araç kullanma) olduğu konusunda görüş birliği içindedir [8]. Hız, karayolu trafiğinde hem kaza olma ihtimalini hem de kazanın şiddetini artıran en önemli etmenlerden biridir.

Bu çalışmanın amacı:

- Hız ile ilgili tanım ve kavramları açıklamak,
- Hız tanımları arasındaki farklılıkları açıklamak,
- Noktasal hız etütlerinin yapılma amacı ve kullanılan yöntemler hakkında bilgi vermek,
- Hız ve trafik güvenliği arasındaki ilişkiyi incelemek,
- Hız yönetimi ve önlemleri hususunu vurgulamak,

- Tasarım hızı, işletme hızı ve yasal hız arasındaki ilişkiyi inceleyerek hız sınırı tespit edilme yöntemlerini incelemek,
- Dünyada ve ülkemizdeki yasal hız sınırı uygulamaları hakkında bilgi vermek,
- Devlet Yolları üzerinde gerçekleştirilen noktasal hız etütleri sonuçlarını değerlendirmek,

Bu çalışmanın 2. bölümünde hız ile ilgili tanımlar verilmiş olup bazı tanımların daha iyi anlaşılabilmesi için örneklerle açıklamaları yapılmıştır.

Çalışmanın 3. bölümünde noktasal hız etütlerinin yapılma amacı ve hız ölçümlerinde kullanılan sistemler ile % 85'lik hız ve yığın hızı hesaplama yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Bu çalışmada hız ve trafik güvenliği arasındaki ilişki Bölüm 4'te incelenmiştir.

Çalışmanın 5. bölümünde tasarım hızı, işletme hızı ve yasal hız sınırı arasındaki ilişki incelenmiş, yasal hız sınırı belirleme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yılında devlet yolları üzerinde gerçekleştirilen noktasal hız etüdü sonuçları değerlendirilerek analiz edilmiş ve ortalama hızlar, %85'lik hızlar ve hız ihlallerini kapsayan hız istatistikleri verilmiştir.

2. HIZ İLE İLGİLİ TANIMLAR VE KAVRAMLAR

Hız, trafik mühendisliğinin başlıca kavramlarından biridir. Uygulamalara bağlı olarak hız ile ilgili farklı kaynaklarda farklı tanımlar yer almaktadır. Proje hızı, işletme hızı, seyahat hızı, seyir hızı, nokta hızı, yasal hız, serbest akım hızı, kesim ortalama hızı, yığın hızı, %85'lik hız gibi birçok hız tanımı kullanılmaktadır. Bu tanımlardan bazıları aynı olup farklı adlandırılmıştır. Bu çalışmada literatürde en çok kullanılan hız tanımları dikkate alınmış ve tanımın alındığı en güncel kaynaklar belirtilmiştir. Ayrıca bazı tanımların daha iyi anlaşılabilmesi için örneklerle açıklaması yapılmıştır. Türkçe çevirilerde olabilecek farklılıklar için her bir tanımın İngilizce karşılığı ayrıca parantez içerisinde verilmiştir.

Hız Sınırı (Speed Limit): Karayolu kesimlerinde uygulanan, yasa ile belirlenmiş maksimum veya minimum yasal hızdır [5]. İki çeşit hız sınırı tanımlanmakta olup bunlar;

- **Yasal Hız (Statutory Speed):** Farklı yol sınıflarına, araç cinslerine ve yerleşim yerleri özelliklerine göre, trafik tanzim işaretleri ile belirtilmiş hız sınırlarının olmadığı yol kesimlerinde uygulanan kanunla belirlenmiş hız sınırlarıdır [4].
- **Tayin Edilmiş (İşaretlenmiş) Yasal Hız (Posted Speed):** Belirli bir mahal için trafik tanzim işaretleri ile belirtilmiş uyulması zorunlu maksimum yasal taşıt hızıdır. Hız değerleri trafik tanzim işaretleri ile gösterilir [4].

İşletme Hızı (Operating Speed): Serbest akım koşullarında taşıtların gözlemlenen hızlarıdır. Gözlemlenen hızların dağılımının %85'i genelde işletme hızının bir ölçüsü olarak kullanılır [1]. Tipik bir taşıtın veya toplam trafiğin seyrettiği hızdır. İşletme hızı, ortalama hız, yığın hızı veya % 85'lik hız olarak tanımlanabilir [5].

Nokta Hızı (Spot Speed) : Bir taşıtın karayolunun belirli bir noktasından geçtiği andaki hızıdır.

Ortalama Nokta Hızı, Ortalama Hız (Average Spot Speed, Mean Speed) : Belirli bir mahaldeki taşıtların yaptığı anlık (nokta) hızlarının toplamının gözlemlenen taşıt sayısına bölünmesiyle elde edilen hızdır [4].

Seyahat Hızı (Travel Speed) : Belirli bir yol kesimi uzunluğunun, tüm durma süreleri dahil edilmek üzere o kesimde seyahat eden taşıtın ortalama seyahat süresine bölünmesi ile bulunan hızdır.

Ortalama Seyahat Hızı (Average Travel Speed) : Uzunluğu bilinen karayolunda gözlemlenen trafik akım hızının seyahat süresine dayalı olarak ölçülmesidir. Belirli bir yol kesimi uzunluğunun, tüm durma süreleri dahil edilmek üzere o kesimde seyahat eden taşıtların ortalama seyahat sürelerine bölünmesi ile bulunan hızdır [18].

Seyir Hızı (Running speed) : Belirli bir yol kesimi uzunluğunun, taşıtın bu kesimdeki seyir zamanına bölünmesiyle bulunan hızdır. Seyir zamanı taşıtın hareket halinde olduğu süredir.

Ortalama Seyir Hızı (Average Running Speed) : Belirli bir yol kesimi uzunluğunun, bu kesimden geçen taşıtların ortalama seyir zamanlarına bölünmesiyle bulunan hızdır. Seyir zamanı taşıtların hareket halinde olduğu süredir [18].

Önerilen Hız (Advisory Speed) : Karayolu projesi, işletme özellikleri ve şartlarına dayalı olarak herhangi bir karayolu kesiminde bütün taşıtlar için önerilen hızdır [5].

Serbest Akım Hızı (Free Flow Speed) : Düşük trafik hacimli bir yol kesiminde herhangi bir kontrol gecikmesi (sinyalizasyon, kavşak, dur işaretlemeleri gibi) veya diğer taşıtların varlığından dolayı bir kısıtlama olmaksızın sürücülerin kendi inisiyatifleri ile yaptıkları hızların ortalamasıdır [18].

Tasarım (Proje) Hızı (Design Speed) : Yol platformunun farklı geometrik elemanlarının tasarım özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılan belirlenmiş hızdır [1], [5].

Kesim Ortalama Hızı (Space Mean Speed) : İstatistiksel bir terim olup uzunluğu bilinen bir yol kesiminde seyir eden taşıtların ortalama seyahat süresine bağlı olarak hesaplanan ortalama hızı ifade eder. Kesim ortalama hızı olarak adlandırılır çünkü tanımlanmış bir yol kesimindeki her bir taşıtın seyahat süresine göre ortalama seyahat süresi hesaplanır [18]. Seyahat hızı ve seyir hızı, kesim ortalama hızının iki farklı kullanım şekli olup trafik mühendisliğinde kullanılır [12]. Seyahat hızında tüm durma süreleri dikkate alınırken seyir hızında sadece

taşıtın hareket halinde olduğu süre dikkate alınır. Kesim ortalama hızlar ise uzunluğu belirlenmiş bir yol kesimindeki taşıtların seyahat sürelerini gözlemleyerek en doğru şekilde ölçülebilir.

Örneğin 1 km uzunluğundaki bir yol kesimini bir araç toplam 2 dakikada seyahat ediyor ve bu sırada sinyalizasyon bir kavşakta 1 dakika bekliyorsa bu taşıtın;

$$\text{Seyahat hızı} = (1 \text{ km} / 2 \text{ dakika}) * 60 \text{ dakika/sa} = 30 \text{ km/sa}$$

$$\text{Seyir hızı} = (1 \text{ km} / 1 \text{ dakika}) * 60 \text{ dakika/sa} = 60 \text{ km/sa olur.}$$

Kesim ortalama hızı daima ortalama hızdan daha düşük veya ortalama hıza eşittir [18]. Örneğin üç adet taşıtın 1 km'lik yolun herhangi bir noktasında ölçülen hızları 20, 30, 40 km/sa yine bu taşıtların 1 km uzunluğundaki yol kesimindeki seyahat süreleri sırasıyla 3, 2 ve 1,5 dakika ise bu yol kesimindeki;

$$\text{Ortalama hız} = (20+30+40) / 3 = 30 \text{ km/sa}$$

$$\text{Kesim ortalama hızı} = (3*1 \text{ km} / (3+2+1,5)) * 60 \text{ dakika/saat} = 27,6 \text{ km/sa olur.}$$

Yığın Hızı (Pace Speed) : Belirlenmiş hız aralıkları içerisinde en çok taşıtı temsil eden hız aralığındaki en yüksek hız olup, tipik olarak kullanılan hız aralığı 10km/sa'tır [5]. Örneğin herhangi bir yol kesiminde ve belirlenen bir süre içerisinde gözlemlenen taşıtlar en fazla 80km/sa ile 90km/sa arasında seyahat etmiş ise o yol kesiminin yığın hızı 80-90 km/sa aralığındadır.

%85'lik Hız (% 85th Speed) : Bir yol kesiminde ve belirlenen zamanda gözlemlenen taşıt hızlarının küçükten büyüğe sıralandıktan sonra %85'lik kısma denk gelen hız değeridir. Diğer bir ifade ile hız dağılımında 85. yüzdalık dilime düşen hızdır. Sürücülerin %15'i daha yüksek hızda seyir etmektedir.

3. NOKTASAL HIZ ETÜTLERİ

Noktasal hız çalışmaları, yolun belli bir kesiminden geçen araçların hız dağılımlarını belirlemek ve mühendislik kararlarını alırken kullanılan bazı istatistikleri hesaplamak için yapılır. Noktasal hız çalışmalarının sonuçları aşağıda belirtilen çok sayıda trafik güvenliği uygulamalarında kullanılmaktadır [7].

- 1) Mevcut trafik işletiminin belirlenmesi ve trafik kontrol cihazlarının değerlendirilmesinde
 - a) Uygun hız sınırlarının değerlendirilmesi ve belirlenmesinde
 - b) Hız dağılımında 50. ve 85. yüzdelik dilime düşen hız değerlerinin belirlenmesinde
 - c) Tavsiye edilen(önerilen) hızların belirlenmesinde
 - d) Geçme yasağı olan bölge sınırlarının belirlenmesinde
 - e) Trafik işaret ve işaretleme yerlerinin belirlenmesinde
 - f) Uygun trafik sinyal zamanlarının belirlenmesinde
- 2) Yol boyu tasarım elemanlarının değerlendirilmesinde
 - a) Uygun yanal görüş mesafelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde
 - b) Uygun geçiş görüş mesafelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde
 - c) Uygun duruş görüş mesafelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde
- 3) Yol boyu güvenlik sorunlarının değerlendirilmesinde
 - a) Hız problemlerinin değerlendirilmesi ve test edilmesinde
 - b) Çarpışmalarda hızın etkisinin değerlendirilmesinde
 - c) Diğer kamu ve resmi çalışmalar için veri temininde
- 4) Hız eğilimlerinin sistematik bir şekilde izlenmesinde
- 5) Trafik kontrol cihazlarının veya trafik programlarının (işaret ve işaretlemeler dahil), trafik işletimindeki değişikliklerin ve hız denetimleri ile ilgili alınan önlemlerin etkilerinin izlenmesinde

Noktasal hız ölçümlerinde öncelikle çalışmanın amacı dikkate alınarak, örnekleme büyüklüğüne, uygulanacağı taşıt sınıflarına ve trafik yoğunluğuna göre kullanılacak yöntemle karar verilir. İkinci aşamada etüdün yapılacağı yol kesimi ve etüdün yapılacağı zaman (ay,

gün, saat) belirlenir. Üçüncü aşamada veriler arazide toplanır. Son aşamada da elde edilen veriler değerlendirilerek rapor haline getirilir.

Nokta hızının ölçümünde genellikle kronometre yöntemi, radar ve lazer hız ölçüm sistemleri, manyetik döngülü ve hava basınçlı hortumlu sistemler gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Kronometre Yöntemi: Hız etüdü yapılması kararlaştırılan yol kesiminde, yolun kaplaması üzerine önceden belirlenen mesafede iki hat tespit edilir ve taşıtların bu iki hat arasındaki geçiş süreleri kronometre ile ölçülerek hız tespiti yapılır. Basit ve ekonomik bir yöntem olmakla birlikte bu yöntemle hız ölçümünde görüş hatası ve kronometreye basıstan kaynaklanan hatalar nedeniyle her zaman doğru sonuçlar alınamamaktadır.

Radar ve Lazer Tabanlı Hız Ölçüm Sistemleri: Radar ve lazer tabanlı hız ölçüm cihazları genelde hız denetim amaçlı kullanılmakla birlikte ayrıca doğrudan noktasal hız etütlerinde de kullanılmaktadır. Bu sistemlerin kolay taşınabilir olması, tek bir cihazla ölçüm yapılabilmesi ve elle tutularak, araç içine veya tripoda yerleştirilerek kullanılabilmeleri en büyük avantajlarıdır. Yoldan geçen bütün taşıtların hızlarını ölçmek yerine sadece örneklem olarak kullanılacak taşıtların hızlarının ölçülmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin tüm taşıtların hız, uzunluk, trafik hacmi gibi bilgilerinin toplanabileceği uzun süreli kullanım için tasarlanmış yol kenarı veya üzerine kurulumu yapılan çeşitleri de mevcut olmakla birlikte bu sistemler genellikle hız ölçüm amacıyla kullanılmaktadırlar.

Radar ve lazer tabanlı hız ölçüm sistemleri birbiriyle kıyaslandığında lazer tabanlı sistemler fiyatının daha yüksek olmasına karşın kullanım avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. Toplanan hız verilerinin doğruluğu konusunda lazer sistemler radara göre daha iyi netice vermektedirler. Normal şartlarda her iki sistemde çok yüksek hızlara kadar 2-3 km/sa hata payıyla, 1-2 km'ye varan mesafelerden hız ölçümü yapabilmektedirler. Ancak radar sistemi çevresel faktörlerden daha fazla etkilenmekte ve bu durum hız ölçümünde hata payını artırmaktadır. Bunun nedeni bu sistemlerin kullandığı ışınların frekanslarının çok farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Radar sistemleri lazere göre daha düşük frekansta çalışmakta ve hedefe yolladığı ışınlar daha çok yayılarak ilerlemektedir. Bu nedenle sadece hızı ölçülmek istenilen hedef taşıt dışında taşıtın yakınında bulunan diğer taşıtlar veya trafik levhası, yön işaretleri gibi cisimlerden yansıyan ışınlar yanlış ölçüme neden olabilmektedirler. Olumsuz hava şartları (örneğin rüzgârda çevredeki cisimlerde meydana gelen titreşimler), ayrıca jammer cihazı ve radar frekanslarını kullanan çevredeki diğer sistemler, radar

cihazlarında taşıt hızlarının yanlış algılanmasına sebep olabilmekte veya cihazların çalışmasını engelleyebilmektedirler. Buna karşılık lazer sisteminin kullandığı ışın demetinin daha yüksek frekans kullanması ve hedefe çok az yayılma göstererek doğrusal bir şekilde odaklanması nedeniyle çevredeki diğer araç veya cisimlerden etkilenmemektedir. Bu durum hız ölçümünde doğruluk oranının çok daha güvenilir olmasını sağlamaktadır.

Radar ve lazer sistemlerinin hız ölçümünde kullanılması sırasında sürücüler hız ölçümünü fark edip hızlarını düşürme eğilimi göstermektedirler. Bu nedenle bu sistemlerle yollarda hız etütleri yapılırken mümkün olduğunca sürücülerin fark edemeyecekleri noktalarda konumlanarak çalışma yapılması önemlidir. Teknolojik olarak bu sistemleri tespit edip sürücüye haber veren algılayıcı cihazlar bulunması bu sistemlerin diğer bir dezavantajı olmakla birlikte özellikle lazer cihazların tespiti radarlara göre çok daha zordur.

Bu sistemlerde hız ölçümünün yanı sıra veri depolama, taşıt uzunluğu belirleme, video/resim kayıt, otomatik kullanım, plaka tanıma, GPS koordinat kaydı gibi seçeneklerde mevcut olabilmektedir.

Manyetik Döngülü ve Hava Basıncı Hortumlu Sistemlerle Hız Ölçümü: Manyetik döngülü ve hava basıncı hortumlu sistemler taşıtların anlık hızlarını ölçebilmenin yanı sıra taşıt sınıfı, taşıt sayısı, art arda geçen taşıtlar arası zaman farkı (aralık), taşıtların uzunlukları ve aks sayıları gibi bilgileri de toplayabilmektedirler. Bu sistemlerden manyetik döngülü sistemler asfalt içerisinde yerleştirilen kablolarla verilen düşük akımla yol yüzeyinde manyetik alan oluşturup yoldan geçen taşıtların bu manyetik alanda meydana getirdikleri değişimleri analiz ederek taşıt verisi toplamaktadırlar. Özellikle hız ölçümlerinde % 95-100 oranında doğru ölçüm yapabilmektedirler. Hem kurulum hem de daha sonra ihtiyaç duyulacak bakım-onarım maliyetleri yüksek olduğu ve yoğun çalışma gerektirdiği için sadece hız ölçüm amacıyla değil taşıt sayımı ve sınıflandırmasını da içeren daha kapsamlı ve uzun süreli etütler için kurulması tercih edilmektedir.



Resim 1. Manyetik Döngülü Sistemler

Hava basınçlı hortumlu sistemler ise yol üzerine yerleştirilen hortumlar üzerinden geçen taşıt tekerlerinin hortum içerisinde meydana getirdiği hava basınçlarının algılanıp analiz edilmesiyle taşıt verisi toplamaktadırlar. Bu sistemlerde de hız ölçümünde %95-100 doğruluk oranı sağlanabilmektedir. Kurulum maliyetleri manyetik döngülü sistemlere oranla daha düşük olmakla birlikte sensör olarak kullanılan hortumların ömrünün en fazla birkaç hafta olması nedeniyle bu sistemler genellikle kısa süreli trafik sayımı ve hız ölçümü amacıyla kullanılmaktadırlar. Malzemelerinin taşınması ve kurulumu oldukça kolay bir sistemdir. Ancak sensörlerin yol yüzeyinde ve görüntür olması nedeniyle bazı araç sürücülerinin sistemi fark edip yavaşlamasına ve dolayısıyla bu gibi durumlarda elde edilen hız bilgisinin normal sürüş hızını yansıtmamasına neden olmaktadır.



Resim 2. Hava Basınçlı Hortumlu Sistemler